



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 41 10 095 A 1

21 Aktenzeichen: P 41 10 095.6
22 Anmeldetag: 27. 3. 91
43 Offenlegungstag: 1. 10. 92

51 Int. Cl. 5:
G 01 N 21/31
G 01 J 3/433
H 01 S 3/10

DE 41 10 095 A 1

71 Anmelder:
Drägerwerk AG, 2400 Lübeck, DE

72 Erfinder:
Koch, Edmund, Dr., 2400 Lübeck, DE

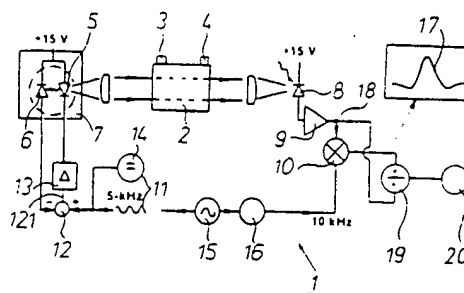
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 32 07 741 C2
DE 39 20 470 A1
DE 38 17 836 A1
DE 37 34 401 A1
DE 37 26 524 A1
DE 36 33 931 A1
DE 36 29 708 A1
DE 36 08 930 A1
US 49 37 448
US 48 68 836
US 46 74 093
US 38 05 074

KROLL, M.;
et.al.: Measurement of gaseous oxygen using diode
laser spectroscopy. In: Appl. Phys. Lett. 51,818), 2.
Nov. 1987, S.1465-1467;

54 Verfahren und Vorrichtung zur spektroskopischen Messung der Konzentration eines Gasbestandteiles

57 Verfahren zur gasspektroskopischen Messung mit einer mit moduliertem Steuerstrom betriebenen Laserdiode (5), einer Monitordiode (6), einer Detektoreinrichtung (8) zur Aufnahme eines Meßsignals der transmittierten Strahlung und einem Lock-In-Verstärker (10) soll derart verbessert werden, daß der Offset-Anteil im Ausgangssignal (17) des Lock-In-Verstärkers (10) eliminiert wird. Zur Lösung der Aufgabe ist vorgesehen, daß die Strahlungsleistung der Laserdiode (5) mit der Monitordiode (6) als Istwertgeber auf ein vorgegebenes Modulationsprofil (11) geregelt wird.



DE 41 10 095 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur spektroskopischen Messung mindestens einer Komponente einer Gasprobe mit einer mit moduliertem Steuerstrom betriebenen Laserdiode zur Beaufschlagung der Gasprobe mit Strahlung im Bereich einer Absorptionslinie der Komponente, einer Monitordiode zur Erfassung der Strahlungsleistung der Laserdiode, einer Detektoreinrichtung zur Aufnahme eines Meßsignals der transmittierten Strahlung durch die Gasprobe und einer Auswerteschaltung.

Ein Verfahren der genannten Art ist aus der US-Z.: Appl. Phys. Lett. 51 (18), 2. November 1987, 1465 - 1467, "Measurement of gaseous oxygen using diode laser spectroscopy", bekanntgeworden. Das Verfahren bezieht sich auf die gasspektroskopische Messung von Sauerstoffkonzentrationen auf der Basis der Strahlungsabsorption im Wellenlängenbereich von 760 bis 770 Nanometer. Als Strahlungsquelle wird eine Laserdiode mit Monitordiode vom Typ ML-4405 verwendet, mit einem Wellenlängenbereich von 759 bis 764 Nanometer, wobei die Laserdiode von einem Steuerstrom gespeist wird, der aus einem Gleichstromanteil und einem Wechselstromanteil der Frequenz 5 KHz zusammengesetzt ist. Mit dem Gleichstromanteil des Steuerstroms wird der Arbeitspunkt der Laserdiode eingestellt, während der Wechselstromanteil eine periodische Verstimmung im Bereich der Absorptionslinien bewirkt. Um eine möglichst oberwellenfreie Ansteuerung der Laserdiode zu erreichen, wird als Wechselstrom ein sinusförmiger Kurvenverlauf gewählt. Die Laserdiode und die Monitordiode sind als Block auf einer thermostatisierten Fläche montiert, wobei über die Temperatur der Fläche die Laserdiode auf eine der bekannten Absorptionslinien von Sauerstoff gebracht wird.

Die von der Laserdiode emittierte Strahlung trifft, nachdem sie das zu untersuchende Gas durchlaufen hat, auf eine Detektoreinrichtung, die an eine Auswerteschaltung angeschlossen ist. Die Auswerteschaltung besteht im wesentlichen aus einem Lock-In Verstärker, der an seinem Signaleingang mit dem Meßsignal der Detektoreinrichtung und seinem Referenzeingang mit einer Signalspannung von der doppelten Frequenz der Ansteuerung der Laserdiode beaufschlagt wird. Weiter enthält die Auswerteschaltung einen Differenzverstärker, der ebenfalls an das Meßsignal der Detektoreinrichtung angeschlossen ist und von der Monitordiode ein der Strahlungsleistung proportionales Signal der Laserdiode erhält. Die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers entspricht der Absorptionslinie für die gemessene Sauerstoffkonzentration. Da die Absorptionslinie, besonders bei Sauerstoff, schwach ausgeprägt ist, wird die zweite Ableitung der Absorptionslinie, die dem Ausgangssignal des Lock-In Verstärkers entspricht, für die Konzentrationsmessung verwendet. Die Maximalamplitude des Ausgangssignals des Lock-In Verstärkers ist näherungsweise proportional dem Partialdruck des Sauerstoffs.

Nachteilig bei dem bekannten Verfahren ist, daß durch die Strommodulation der Laserdiode höherfrequente Anteile dadurch entstehen, daß zwischen der abgegebenen Strahlungsleistung und dem Steuerstrom der Laserdiode ein nichtlinearer Zusammenhang besteht. Diese Nichtlinearitäten verändern sich außerdem mit der Lebensdauer der Laserdiode und bewirken einen Offset-Anteil im Ausgangssignal des Lock-In Verstärkers. Um eine Messung durchführen zu können,

muß dieser zudem auch noch zeitabhängige Offset durch Justierung mit einem Referenzgas bekannter Konzentration kompensiert werden. Dies ist aufwendig und beeinträchtigt die Einsatzmöglichkeiten eines derartigen Meßsystems.

Aus der EP-A1-83 761 ist eine photometrische Meßeinrichtung bekanntgeworden, bei der die aus einer Meßzelle und einer Referenzmeßzelle kommende Strahlung von getrennten Detektoren empfangen und die Meßsignale der Detektoren einer Auswerteschaltung zugeführt werden. Die Detektoren werden zusätzlich von einer Referenzlichtquelle mit moduliertem Licht bestrahlt, wodurch ein zweites Meßsignal entsteht. Das zweite Meßsignal wird einerseits zur Symmetrierung der Detektoren verwendet, indem das Verstärkungsglied eines Detektors automatisch nachgeführt wird, und andererseits zur Einstellung der statischen Strahlungsleistung der Referenzlichtquelle. Die Strahlungsleistung der Referenzlichtquelle ist auf eine konstante Referenzspannungsquelle bezogen. Die Regelung der Strahlungsleistung auf ein vorgegebenes Modulationsprofil ist in dieser Schrift jedoch nicht offenbart.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur gasspektroskopischen Messung derart zu verbessern, daß der Offset-Anteil im Ausgangssignal des Lock-In Verstärkers eliminiert wird.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt dadurch, daß die Strahlungsleistung der Laserdiode mit der Monitordiode als Istwertgeber auf ein vorgegebenes Modulationsprofil geregelt wird.

Der Vorteil der Erfindung besteht im wesentlichen darin, daß durch die Regelung der Strahlungsleistung der Laserdiode auf das vorgegebene Modulationsprofil, nichtlineare Anteile in der emittierten Strahlung eliminiert werden, da die Monitordiode den Istwert der Strahlungsleistung erfaßt und mögliche Abweichungen von dem Modulationsprofil durch eine entsprechende Ansteuerung der Laserdiode kompensiert werden. Da der Kurvenverlauf der Strahlungsleistung der Laserdiode auf das vorgegebene Modulationsprofil geregelt ist, treten höherfrequente Anteile im Frequenzspektrum nicht mehr auf und es verschwindet dadurch der Offset-Anteil im Ausgangssignal des Lock-In Verstärkers. Da ein derartiges Regelprinzip unabhängig ist vom Alterungsverhalten der Laserdiode, ist eine Kompensation des Offset-Anteils über die gesamte Lebensdauer der Laserdiode gewährleistet. Versuche haben gezeigt, daß mit den erfindungsgemäßen Merkmalen außerdem ein verbesserter Signal-Rauschabstand beim Ausgangssignal des Lock-In Verstärkers erzielt wird. Dies ist besonders bedeutsam für die Sauerstoff-Konzentrationsmessung, da hier mit niedrigen Signalpegeln gearbeitet wird.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

So ist es zweckmäßig, daß das Modulationsprofil so zu wählen, daß es sich aus einem Gleichspannungsanteil mit überlagertem sinusförmigen Wechselspannungsanteil zusammensetzt.

Zur Durchführung des Verfahrens ist es vorteilhaft, die Laserdiode an eine Regeleinrichtung anzuschließen, welche mit dem vorgegebenen Modulationsprofil als Sollwert und dem Meßsignal der Monitordiode als Istwert beaufschlagt ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und im folgenden näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein Meßsystem (1) zur gas-

spektroskopischen Messung der Sauerstoffkonzentration einer Gasprobe, welche sich in einer Meßküvette (2) befindet und diese von einem Meßküvetten-Einlaß (3) zu einem Meßküvetten-Auslaß (4) durchströmt. Die Meßküvette (2) wird von einer Laserdiode (5) durchstrahlt. Die Laserdiode (5) ist zusammen mit einer Monitordiode (6) auf einer thermostatisierten Fläche (7) befestigt. Die aus der Küvette (2) austretende Strahlung trifft auf eine Detektoreinrichtung (8), wobei das dort entstehende Meßsignal über einen Wandler (9) einem Lock-In Verstärker (10) als Auswerteschaltung zugeführt wird. Die Ansteuerung der Laserdiode (5) erfolgt über ein Modulationsprofil (11), welches sich aus einer Gleichspannung aus einer Gleichspannungsquelle (14) und einer sinusförmigen Wechselspannung der Frequenz 5 KHz zusammensetzt. Die Wechselspannung wird in einem Generator (15) erzeugt. Das Modulationsprofil (11) gelangt als Sollwert zu einer Vergleichsstelle (12), welche als Istwert das Meßsignal der Monitordiode (6) erhält. Die Ausgangsleitung (121) der Vergleichsstelle (12) ist an eine Regeleinrichtung (13) angeschlossen, mit der der Steuerstrom für die Laserdiode (5) erzeugt und die Strahlungsleistung auf das Modulationsprofil (11) geregelt wird.

Die sinusförmige Wechselspannung des Generators (15) wird über einen Frequenzverdoppler (16) geleitet und dann dem Lock-In Verstärker (10) zugeführt. Das Ausgangssignal (17) des Lock-In Verstärkers (10) entspricht der zweiten Ableitung des Absorptionssignals für die Sauerstoffkonzentration in der Gasprobe. Das Ausgangssignal (17) und das Signal am Meßpunkt (18) sind an einen Dividierer (19) angeschlossen, der mit einer Anzeigeeinheit (20) für die Sauerstoffkonzentration verbunden ist. Mit dem Dividierer (19) wird eine Normierung in der Weise erreicht, daß Intensitätsverluste der Strahlung die beispielsweise auf eine Verschmutzung der Küvette (2) zurückzuführen sind, kompensiert werden.

Patentsprüche

1. Verfahren zur gasspektroskopischen Messung mindestens einer Komponente einer Gasprobe mit einer mit moduliertem Steuerstrom betriebenen Laserdiode (5) zur Beaufschlagung der Gasproben mit Strahlung im Bereich einer Absorptionslinie der Komponente, einer Monitordiode (6) zur Erfassung der Strahlungsleistung der Laserdiode (5), einer Detektoreinrichtung (8) zur Aufnahme eines Meßsignals der transmittierenden Strahlung durch die Gasprobe und einer Auswerteschaltung (9, 10), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strahlungsleistung der Laserdiode (5) mit der Monitordiode (6) als Istwertgeber auf ein vorgegebenes Modulationsprofil (11) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modulationsprofil (11) aus einem Gleichspannungsanteil mit überlagelter sinusförmiger Wechselspannung zusammengesetzt ist.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Laserdiode (5) an eine Regeleinrichtung (13) angeschlossen ist, welche mit dem vorgegebenen Modulationsprofil (11) als Sollwert und dem Meßsignal der Monitordiode (6) als Istwert beaufschlagt ist.

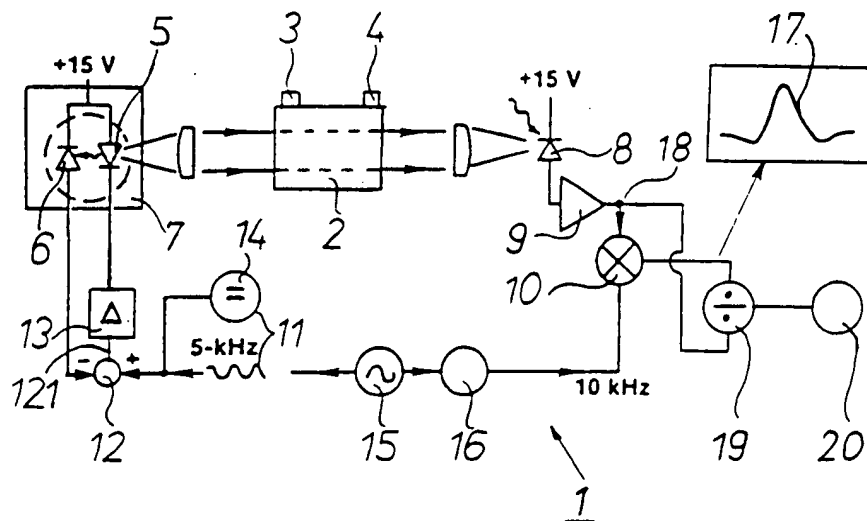
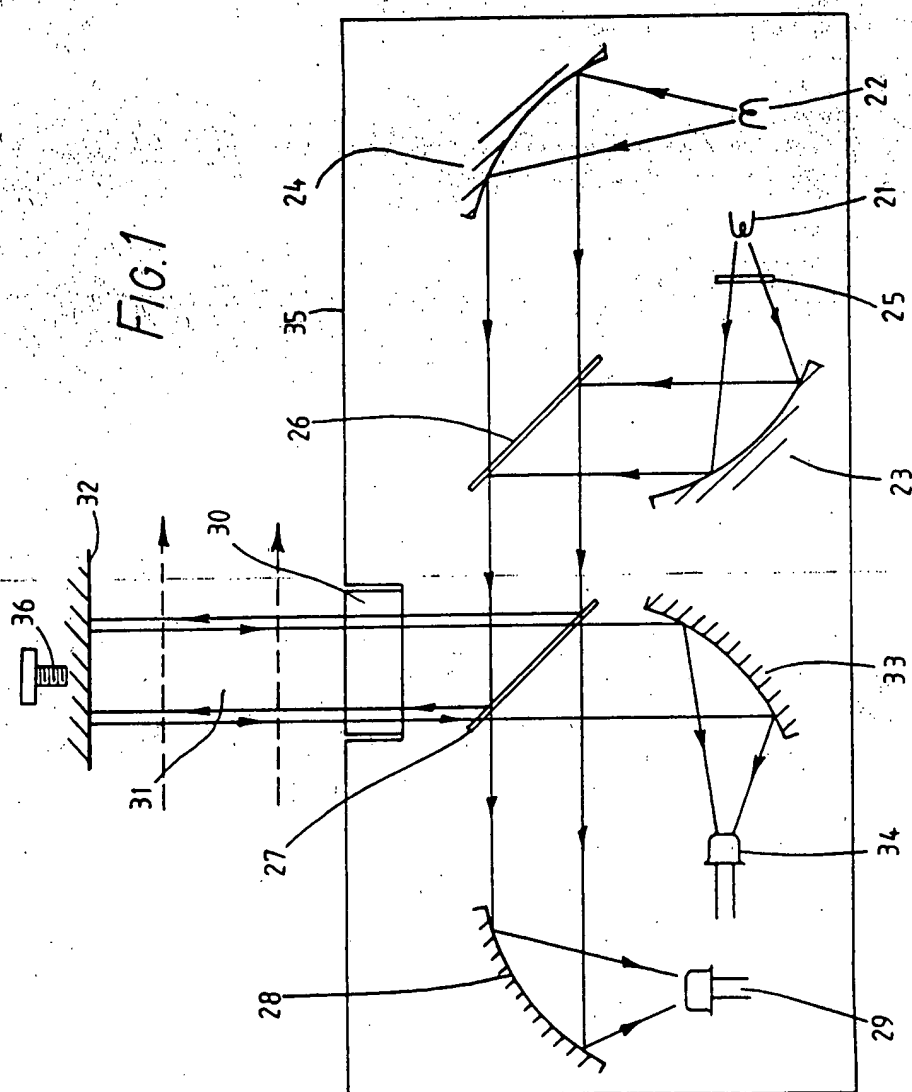


FIG. 1



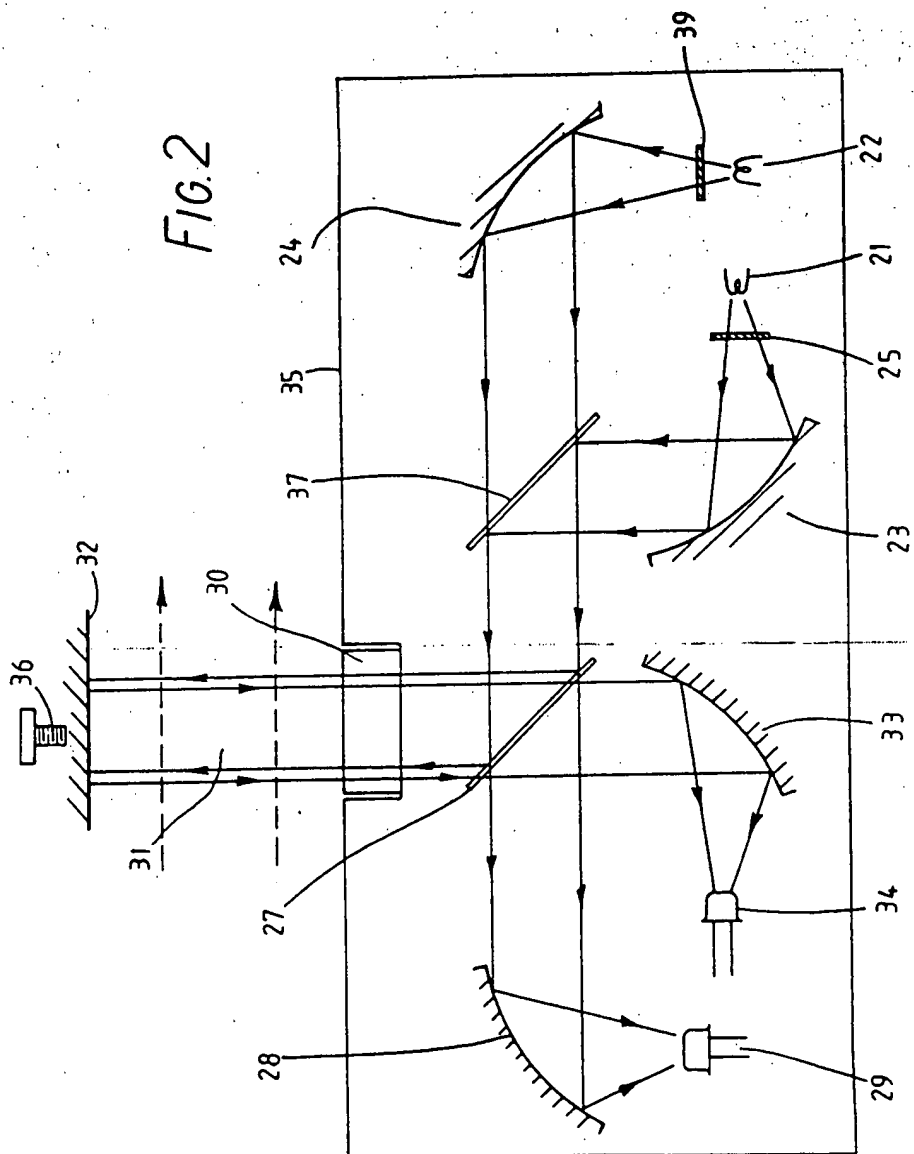
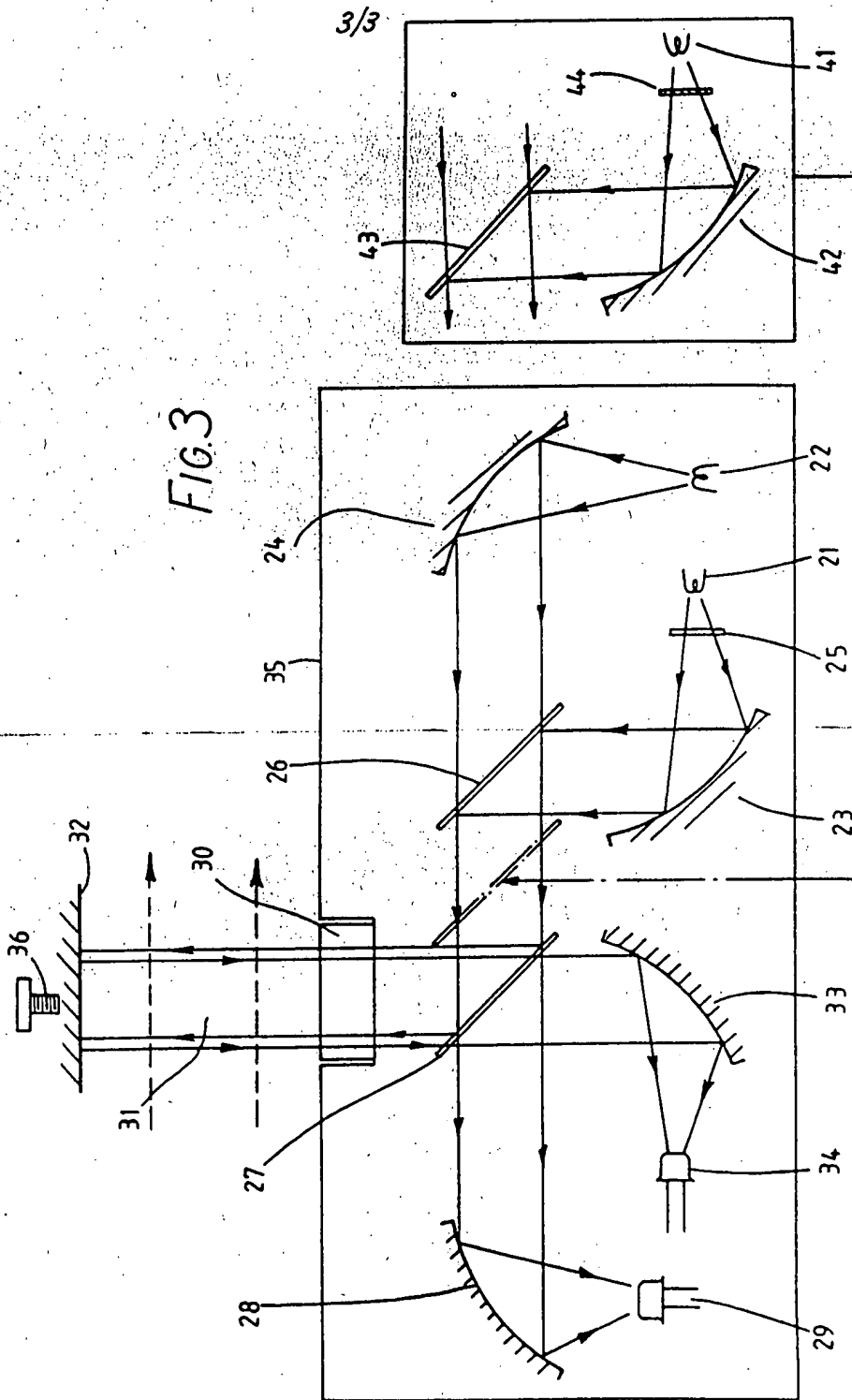


FIG. 3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.